

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

ISR

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-63548

(43) 公開日 平成7年(1995)3月10日

(51) Int. Cl.⁶

G01B 21/30

G11B 9/00

H01J 37/28

識別記号 府内整理番号

Z

9075-5D

F I

技術表示箇所

Z

審査請求 未請求 請求項の数 5 FD (全6頁)

(21) 出願番号 特願平5-229682

(22) 出願日 平成5年(1993)8月24日

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72) 発明者 渡邊 信男

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ
ヤノン株式会社内

(72) 発明者 島田 康弘

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ
ヤノン株式会社内

(74) 代理人 弁理士 豊田 善雄 (外1名)

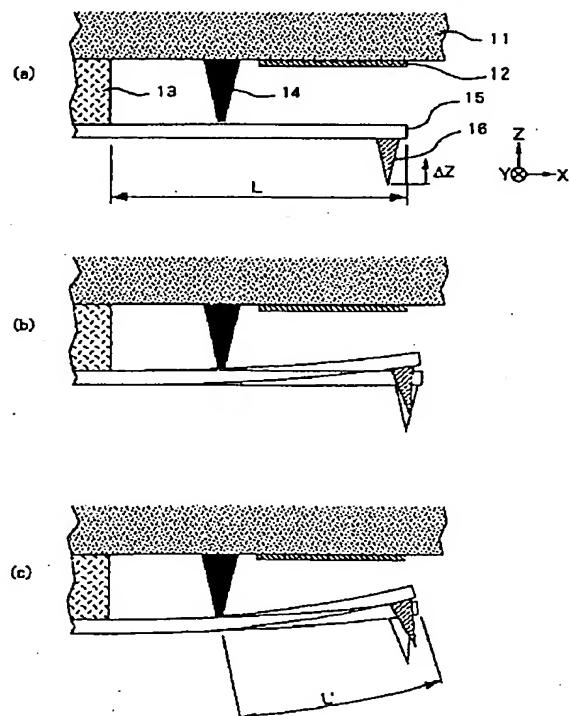
(54) 【発明の名称】カンチレバー型プローブ、及びそれを有する走査型トンネル顕微鏡並びに情報処理装置

(57) 【要約】

【目的】 走査型トンネル顕微鏡 (STM) や情報処理装置に用いられ、変位のダイナミックレンジを広く得るカンチレバー型プローブを提供する。

【構成】 基板11上に形成された固定電極12と、基板11上に支持された対向電極を兼ねる導電性のカンチレバー15と、この自由端部に設けられた探針15とを備える静電駆動方式のカンチレバー型プローブにおいて、カンチレバー15の固定電極12方向への変形を抑制する構造部材14を設けたことを特徴とする。

【効果】 表面の凹凸や段差が比較的大きな試料や記録媒体に対しても、良好なSTM測定や記録再生を行うことが可能である。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板上に形成された固定電極と、該固定電極に対向する対向電極を有し前記基板上に支持されたカンチレバーと、該カンチレバーの自由端部に設けられた探針とを備え、前記固定電極と前記対向電極間に電圧を印加して、前記カンチレバーを変位させうるカンチレバー型プローブにおいて、

前記カンチレバーの前記固定電極方向への変形を抑制する構造部材を設けたことを特徴とするカンチレバー型プローブ。

【請求項2】 前記構造部材が、前記カンチレバーと前記基板との間に位置し、該カンチレバーのはね定数を変化させうるものであることを特徴とする請求項1に記載のカンチレバー型プローブ。

【請求項3】 前記構造部材が、カンチレバー構造であることを特徴とする請求項1又は2に記載のカンチレバー型プローブ。

【請求項4】 請求項1～3いずれかに記載のカンチレバー型プローブを備え、前記探針で試料を相対走査し、且つ、前記固定電極と前記対向電極間の静電力により、前記カンチレバーを走査面に垂直な方向に変位させる静電駆動方式の走査型トンネル顕微鏡。

【請求項5】 請求項1～3いずれかに記載のカンチレバー型プローブを備え、前記探針を記録媒体に近接させ、該探針と記録媒体との間に電圧を印加して情報の記録及び／又は再生を行う情報処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、走査型トンネル顕微鏡(以下、「STM」と称す)等に用いられるカンチレバー(片持ち梁)型プローブ、及びそれを用いたSTM並びに記録媒体に対して情報の記録再生等を行う情報処理装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 近年、導体の表面原子の電子構造を直接観測できるSTMが開発され[G. Binnig et al., Phys. Rev. Lett., 49, 57 (1982)]、単結晶、非結晶を問わず実空間像を高い分解能で観察できるようになった。

【0003】かかるSTMは試料に電流による損傷を与えるに低電力で観察を行える利点を有しており、更に大気中で動作させることができ、種々の材料に対して用いることができるため広範な応用が期待されている。最近では導体表面に吸着した有機分子の分子像観察すら可能であることが報告されている。

【0004】また、半導体微細加工技術やマイクロメカニクス技術の応用により、例えば、基板としてシリコンウエハを用い、薄膜からなるカンチレバー上に探針を設けたカンチレバー型プローブを搭載したコンパクトなSTM装置などが開発されている。

【0005】一方では、記録再生装置、なかでも、コンピューターの計算情報等では大容量を有する記録装置に対する要求がますます高まっており、半導体プロセス技術の進展によりマイクロプロセッサーが小型化し、計算能力が向上したために記録装置の小型化が望まれている。これらの要求を満たす目的で、記録媒体との間隔が微調整可能な駆動手段上に存在するトンネル電流発生用マイクロプローブからなる変換器から電圧印加することによって記録書き込みし、トンネル電流の変化を検知することにより情報の読み出しを行い最小記録面積が10 nm²となる記録再生装置が提案されている。

【0006】上述したSTM及びそれを応用した記録再生装置に搭載されるカンチレバーの駆動方法としては、例えば、梁を圧電バイモルフ構造とした圧電バイモルフ型や、梁に形成された対向電極と基板上に形成された固定電極とに電圧を印加する事により静電力を働かせて梁を変位させる静電駆動型とがあり、静電駆動型は構成が簡単で材料の自由度が高い特徴を有する。

【0007】従来の静電駆動方式のカンチレバー型プローブは、基板表面及びカンチレバーのそれぞれに形成した少なくとも2電極間に電圧印加する事により静電力を働かせて、カンチレバーを基板電極(固定電極)方向へ撓ませる事により、カンチレバーの先端付近に形成した探針を変位させていた。

【0008】かかる静電力は印加電圧の2乗に比例し、電極間距離の2乗に反比例する。カンチレバーのはね定数は、レバー長の3乗に反比例する。また、カンチレバーの先端部の変位は、静電トルクとばねの復元トルクとの釣り合い条件により決定される。

【0009】図2(a)は従来のカンチレバー型プローブにおける印加電圧とカンチレバー先端部の変位量との関係を示したものである。印加電圧がVc(崩れ電圧)以下では、印加電圧に対応して梁が撓むため変位量を制御可能な領域である。しかし、Vc以上の印加電圧に対しては、梁の復元トルクが静電トルクより小さくなるために梁は基板電極(固定電極)方向に大きく変位てしまい、印加電圧を変化させても梁先端は変位しない。いったんVc以上の電圧を印加した後に、低電圧側へスイープすると図中矢印で示したように、梁先端の変位はヒステリシスを示すことになる。

【0010】制御可能なカンチレバー先端の変位の範囲を広くするためには、崩れ電圧値を大きくさせる必要があるが、そのためにカンチレバーの復元トルクを大きくすることは、カンチレバーのはね定数を大きくすることであり、逆に変位量が小さくなる。従って、従来のカンチレバー型プローブでは構成全体を大きくしなければ制御可能な変位の範囲を広くすることができないという欠点があった。

【0011】即ち、従来のコンパクトな静電駆動方式のカンチレバー型プローブを搭載したSTMや記録再生装

置では、変位のダイナミックレンジが狭いため、表面に大きな凹凸のある試料の測定が困難であったり、記録媒体表面に大きな凹凸があると良好な記録再生を行うことができないという問題があった。

【0012】また、変位のダイナミックレンジを広くするためにはカンチレバー型プローブ自体を大きくすると、特に装置の高速化を図るべく集積化プローブを用いる際に、装置の大型化に繋がるという問題があった。

【0013】本発明の目的は、上記従来技術が有する問題点に鑑み、コンパクトな構成で変位のダイナミックレンジを広くし得るカンチレバー型プローブ、さらにはそれを用いたより高性能なSTM並びに情報処理装置を提供することを目的とする。

【0014】

【課題を解決するための手段及び作用】上記目的を達成すべく成された本発明は、基板上に形成された固定電極と、該固定電極に対向する対向電極を有し前記基板上に支持されたカンチレバーと、該カンチレバーの自由端部に設けられた探針とを備え、前記固定電極と前記対向電極間に電圧を印加して、前記カンチレバーを変位させるカンチレバー型プローブにおいて、前記カンチレバーの前記固定電極方向への変形を抑制する構造部材を設けたことを特徴とするカンチレバー型プローブであり、また、上記本発明のカンチレバー型プローブを備え、前記探針で試料を相対走査し、且つ、前記固定電極と前記対向電極間の静電力により、前記カンチレバーを走査面に垂直な方向に変位させる静電駆動方式の走査型トンネル顕微鏡であり、さらには、上記本発明のカンチレバー型プローブを備え、前記探針を記録媒体に近接させ、該探針と記録媒体との間に電圧を印加して情報の記録及び／又は再生を行う情報処理装置である。

【0015】以下、本発明を図面を用いて説明する。

【0016】図1は本発明の静電駆動方式のカンチレバー型プローブの一例を示す断面模式図である。図中、11は基板、12は固定電極、13は支持体、14は本発明の特徴である構造部材、15は対向電極を兼ねる導電性のカンチレバー、16は先端の尖った導電性の探針である。カンチレバーの探針側表面には絶縁膜及び探針の電極配線が形成されているが、図では省略してある。

【0017】図1(a)に示す様に、カンチレバー15を変位させない状態において、構造部材14とカンチレバー15とは接触せずに僅かのギャップを有している。カンチレバー・固定電極間に徐々に電圧を印加していくと、カンチレバー15は固定電極12側へ撓み、やがて構造部材14に接触する(図1(b))。更に印加電圧を上げていくと、構造部材14がカンチレバー15の新しい固定端となり、カンチレバー15のレバー長がL'からLと短くなり(図1(c))、ばね定数が大きくなる。

【0018】この印加電圧に対するカンチレバー先端の

変位量をグラフ化したのが、図2(b)である。同図中の曲線(イ)は構造部材14に接触する前のカンチレバー15(レバー長L、ばね定数小)先端部の静電力による変位を示しており、曲線(ロ)は構造部材14に接触した後のカンチレバー15(レバー長L'、ばね定数大)先端部の変位を示している。図2(a)に示した本発明に係る構造部材14を有しない従来のカンチレバーの変位特性では崩れ電圧Vcが低く駆動範囲(ダイナミックレンジ)が狭かったが、本発明のように構造部材14を設けることにより、カンチレバーの変位に伴いばね定数を大きくすることが可能となり、崩れ電圧Vcを高くすることができる。これによりダイナミックレンジを大きくすることが可能となる。

【0019】即ち、本発明においては、構造部材の大きさや形状あるいはその位置を適宜設計することにより片持ち梁に所望のばね定数を与えることでダイナミックレンジを大きくすることが可能である。また、構造部材を複数個設けることにより、ばね定数を3段階以上することも可能である。また、この構造部材の材料としてはその設計により導電性材料でも良い。更には、基板側に限らずカンチレバーの基板側に形成したり、あるいは、カンチレバーと基板との間に中空に浮いた構成とすることも可能である。

【0020】

【実施例】

実施例1

本発明の静電駆動型STMについて説明する。図3は本実施例の静電駆動型STMにおけるカンチレバー型プローブの断面及びその電気系を示した模式図である。図4は図3に示したカンチレバー型プローブの作製工程の概略図である。図3及び図4中、11は基板、12は固定電極、13は支持体、14は構造部材、15は対向電極を兼ねる導電性のカンチレバー、16は探針、31及び32は絶縁膜、33はトンネル電流配線、34は試料、35はカンチレバー駆動ユニット、36はトンネル電流検出ユニット、37は制御ユニット、41は犠牲層である。

【0021】ここで先ず、図4を用いて本実施例におけるカンチレバー型プローブの作製工程について説明する。

【0022】(a)シリコン基板11表面に、絶縁膜31として窒化シリコン(Si_xN_y)膜を通常の化学的気相成長(CVD)法で厚さ約1μm堆積した。次に酸化シリコン(SiO₂)膜を通常のスピッタ成膜法により厚さ約2μm堆積した。

【0023】(b)SiO₂膜を通常のフォトリソ・エッチング法によりパターニングして支持体13及び構造部材14とした。次に、構造部材14の表面をエッチングして支持体13より0.2μm薄くした。

【0024】ここで構造部材14の厚さ(高さ)及びそ

の位置を選ぶことにより、カンチレバーが構造部材14に接触した後のばね定数を、即ち図2 (b) で示した曲線(口)を、ある程度任意に設計可能である。

【0025】次に、タングステン膜を通常の蒸着法により堆積後、通常のフォトリソ・エッティング法によりパターニングして固定電極12とした。

【0026】(c) 犀牲層41として酸化亜鉛(ZnO)をバイアスパッタ法により、厚さ2μm堆積した。ここで、バイアスパッタ法を用いたのは犠牲層41の表面を平滑にするためであり、犠牲層表面を平滑にできる方法であればバイアスパッタ法に限らない。

【0027】更に、CVD法によりポリシリコン膜を厚さ約1μm堆積し、リンイオンを約 $1 \times 10^{14} \text{ cm}^{-2}$ 注入した後に、CVD法により後に絶縁膜32となるSi_xN_y膜を厚さ約0.3μm堆積し、窒素雰囲気で1100℃、60分の活性化熱処理を行った。更に通常の蒸着法により後にトンネル電流配線33となるAlを厚さ約0.2μm堆積した。

【0028】(d) 上述のAl, Si_xN_y, ポリシリコン膜を、通常のフォトリソ・エッティング法でパターニングすることにより、それぞれトンネル電流配線33, 絶縁膜32、カンチレバー本体15とした。次に、カンチレバー15の先端付近に、斜法蒸着リフトオフ法 [C.

A. Spindt et al., J. Appl. Phys., 47 (12), 5248 (1976)]によるタングステンの探針16を形成した。この探針の形成に関しては、電解研磨法によるタングステンワイヤ探針を接着する方法など、作製方法は問わない。また、その材料としてもAuなどタングステンに限らない。

【0029】(e) ZnO犠牲層41を酢酸溶液でエッティング除去した後、基板乾燥してカンチレバー15を基板11よりリリースし、カンチレバー型プローブの作製工程が終了した。

【0030】この様にして作製したカンチレバー型プローブを、図3のような電気系に接続し、静電駆動型STMとして電流一定モードで試料表面の凹凸を測定した。構造部材14を有しない従来のカンチレバー型プローブと比較して、探針先端(カンチレバー先端)の変位量を大きくできたことにより、試料表面の大きな凹凸にも探針が追従することが可能となり、ダイナミックレンジの広いSTM像が得られた。

【0031】また、上記と同様の作製方法により、カンチレバーの長手方向に高さの異なる2個の構造部材14, 14'を形成したカンチレバー型プローブを用いて、静電駆動型STMを構成した例を図5に示す。この様にカンチレバーが焼むにつれてカンチレバーに順次接触する高さの異なる構造部材を2個以上設けることにより、カンチレバーのばね定数を更に細かく設定可能である。即ち、図2 (b) に示した変位-印加電圧曲線を3

曲線以上とすることが可能となり、崩れ電圧Vcをより高く設定できるので、カンチレバー先端部の変位のダイナミックレンジを更に広げることが可能となる。

【0032】実施例2

図3に示した構成の静電駆動型STMを情報処理装置として用い、記録媒体に対して情報の記録再生を行った例について説明する。

【0033】本実施例では試料34に代わる記録媒体として、スクアリリウムーピース-6-オクチルアズレン(SOAZ)を、ラングミュア-プロジェクト(LB)法を用いて金電極基板上に8層累積したものを用いた。

【0034】探針16を記録媒体表面に接触させ、記録媒体の金電極基板と探針との間に電圧を印加して記録を行い、更に流れる電流を検出することにより再生を行った結果、良好な記録再生特性が得られた。

【0035】構造部材14を有しない従来のカンチレバータイププローブを用いた場合は、記録媒体の垂直方向変位のダイナミックレンジが狭いために、記録媒体表面に2

次元的に複数の情報の記録再生を行う場合、記録媒体表面が平滑であることが必須条件であった。しかしながら、本発明のカンチレバー型プローブは構造部材14の存在によりダイナミックレンジが広いので、記録媒体表面に比較的大きな凹凸あるいは段差等が存在しても記録再生を再現性良く行うことができた。

【0036】実施例3

本発明のカンチレバー型プローブにおける構造部材をカンチレバー状に形成した例を図6を用いて説明する。図6(a)はカンチレバー型プローブの模式的斜視図、図6(b)は図6(a)のA-A'断面の模式図である。

図中11は基板、12は固定電極、15は対向電極を兼ねる導電性のカンチレバー本体、16は探針、31及び32は絶縁膜、33はトンネル電流配線、61及び63は絶縁性支持体、62はカンチレバー状の構造部材である。

【0037】本カンチレバー型プローブの作製工程は実施例1とほぼ同様に、半導体プロセス、マイクロメカニクス技術の犠牲層法等を用いた。カンチレバー状の構造部材62としはカンチレバー本体15と同様にポリシリコン膜を用いた。この構造部材62の梁長、幅、厚さ等を変えることにより、本カンチレバー型プローブのばね定数を任意に設定することが可能である。

【0038】本構成のカンチレバー型プローブは、構造部材62自体を弾性体であるカンチレバーで作製したため、探針16を支持するカンチレバー15が構造部材62に接触した後のカンチレバー15のばね定数は変位量の2次以上の関数となり、実施例1とは異なる。

【0039】本構成のカンチレバー型プローブを用いて先の実施例と同様の電気系と共に情報処理装置を構成し、実施例2に示したのと同様の記録媒体に対して情報の記録再生を行った結果、良好な記録再生特性が得られ

た。また、表面凹凸の大きな記録媒体に対しても、従来に比べてより一層再現性良く記録再生を行うことができた。

[040]

【発明の効果】以上説明した様に、本発明のカンチレバー型プローブは、コンパクトな構成のままで変位のダイナミックレンジを広くすることが可能となり、これを用いた本発明のSTMは、表面の凹凸や段差が比較的大きな試料に対してもSTM測定が可能となった。また、本発明の情報処理装置は、表面凹凸や段差が比較的大きな記録媒体に対しても良好な記録再生を行うことが可能となった。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のカンチレバー型プローブの一例を示す断面模式図である。

【図2】カンチレバー先端の変位と印加電圧との関係を説明するための図である。

【図3】実施例1にて示す本発明の静電駆動型STMの模式図である。

【図4】図3のSTMに用いたカンチレバー型プローブの作製工程を説明するための概略図である。

10

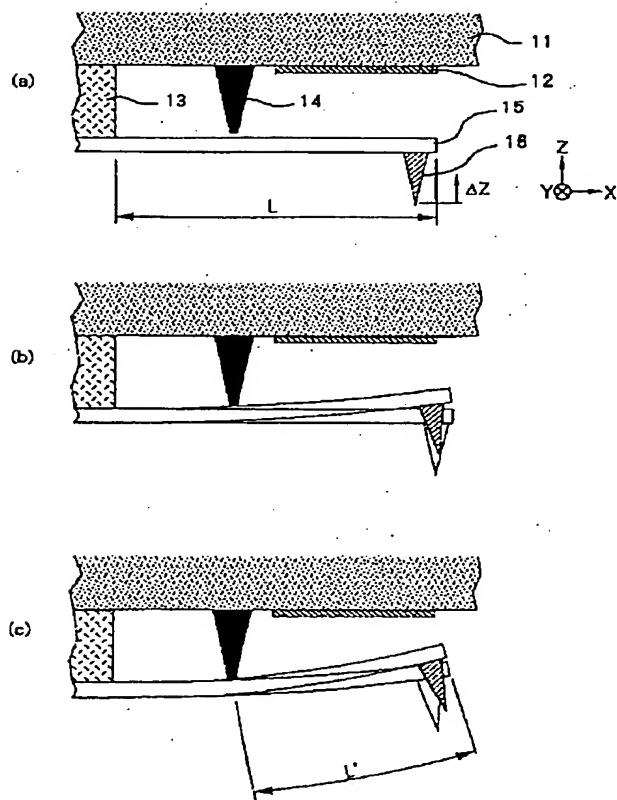
【図5】2つの構造部材を有する本発明のカンチレバータイププローブを用いて構成したSTMの模式図である。

【図6】カンチレバー状の構造部材を有する本発明のカンチレバー型プローブの模式図である。

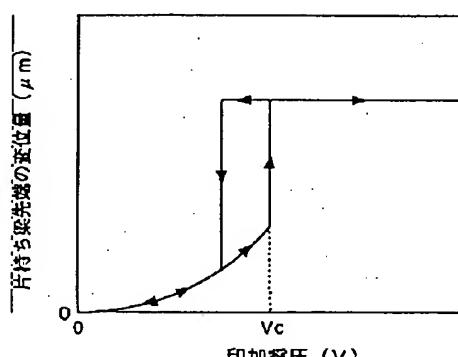
【符号の説明】

- | | |
|----------|--------------|
| 1 1 | 基板 |
| 1 2 | 固定電極 |
| 1 3 | 支持体 |
| 1 4 | 構造部材 |
| 1 5 | カンチレバー本体 |
| 1 6 | 探針 |
| 3 1, 3 2 | 絶縁膜 |
| 3 3 | トンネル電流配線 |
| 3 4 | 試料 |
| 3 5 | カンチレバー駆動ユニット |
| 3 6 | トンネル電流検出ユニット |
| 3 7 | 制御ユニット |
| 4 1 | 犠牲層 |
| 6 1 | 絶縁性支持体 |
| 6 2 | カンチレバー状構造部材 |
| 6 3 | 絶縁性支持体 |

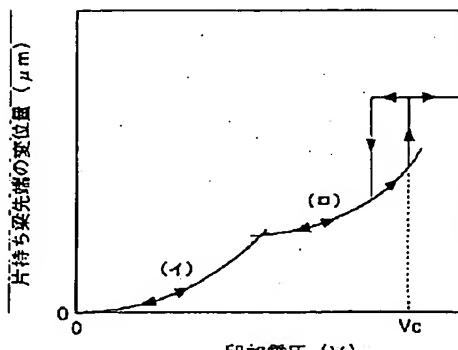
【図1】



【図2】

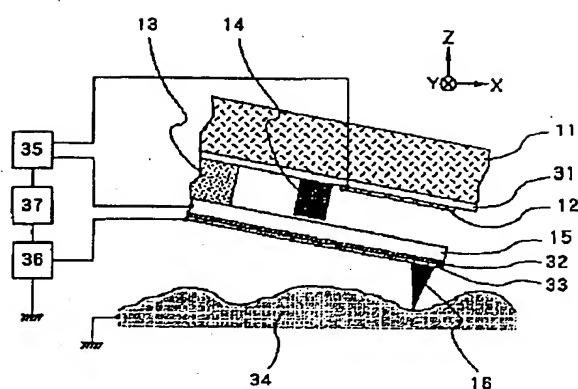


(a) 従来の片持ち梁

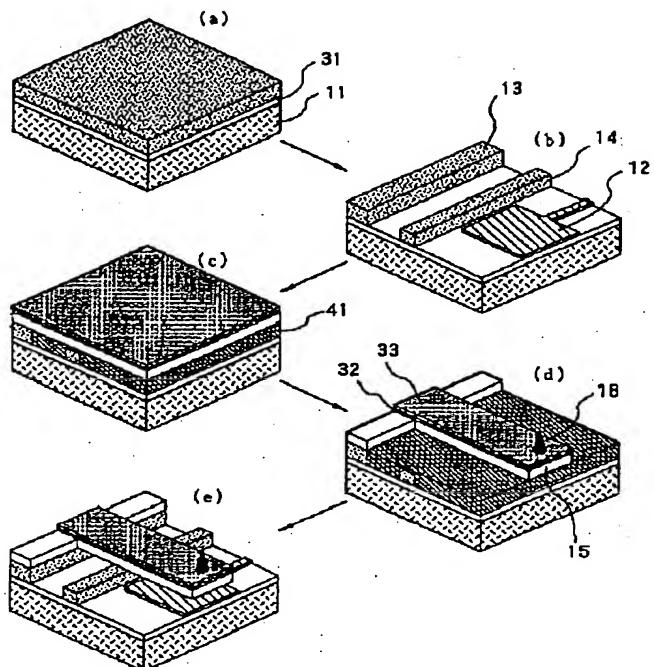


(b) 本発明の片持ち梁

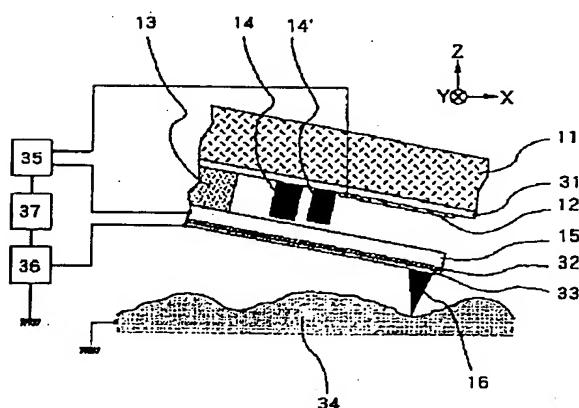
【図3】



【図4】



【図5】



【図6】

